



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of :
Tomohiro OKUMURA et al. : **Confirmation No. 4888**
Serial No. 10/720,092 : **Attn: BOX MISSING PARTS**
Filed November 25, 2003 : **Attorney Docket No. 2003_1689A**
PLASMA PROCESSING METHOD :

CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 USC 119

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

THE COMMISSIONER IS AUTHORIZED
TO CHARGE ANY DEFICIENCY IN THE
FEES FOR THIS PAPER TO DEPOSIT
ACCOUNT NO. 23-0975

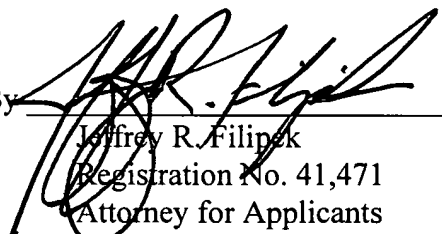
Sir:

Applicants in the above-entitled application hereby claim the date of priority under the International Convention of Japanese Patent Application No. 2002-342006, filed November 26, 2002, as acknowledged in the Declaration of this application.

A certified copy of said Japanese Patent Application is submitted herewith.

Respectfully submitted,

Tomohiro OKUMURA et al.

By 
Jeffrey R. Filipek
Registration No. 41,471
Attorney for Applicants

JRF/fs
Washington, D.C. 20006-1021
Telephone (202) 721-8200
Facsimile (202) 721-8250
April 23, 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 1 月 2 6 日
Date of Application:

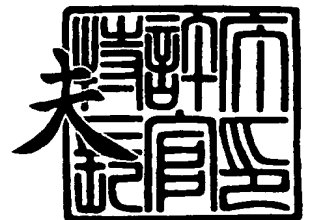
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 4 2 0 0 6
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 4 2 0 0 6]

出 願 人 松 下 電 器 産 業 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 1 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 7 2 4 8

【書類名】 特許願

【整理番号】 2015340339

【提出日】 平成14年11月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H05H 1/46

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 奥村 智洋

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 斎藤 光央

【特許出願人】

 【識別番号】 000005821

 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100097445

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

 【識別番号】 100103355

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

 【識別番号】 100109667

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマ処理方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被処理物の近傍に配置させたマイクロプラズマ源にガスを供給しつつ、マイクロプラズマ源に設けられた電極または被処理物に電力を供給することにより、マイクロプラズマを発生させ、生成された活性粒子を被処理物に作用させ、被処理物の表面の微小部分を加工するプラズマ処理方法であって、第 1 の微小部分に活性粒子を照射するステップと、第 1 の微小部分に含まれ、かつ、第 1 の微小部分よりも狭い第 2 の微小部分に活性粒子を照射するステップとを含むことを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 2】 マイクロプラズマ源は、内側ガス噴出口及び外側ガス噴出口を有し、第 1 の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させるとともに外側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させ、第 2 の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させるとともに外側ガス噴出口より反応性ガスを主体とするガスを噴出させることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 3】 マイクロプラズマ源は、内側ガス噴出口及び外側ガス噴出口を有し、第 1 の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させるとともに外側ガス噴出口からはガスを噴出させず、第 2 の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させるとともに外側ガス噴出口より反応性ガスを主体とするガスを噴出させることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 4】 マイクロプラズマ源は、内側ガス噴出口及び外側ガス噴出口を有し、第 1 の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させるとともに外側ガス噴出口から反応性ガスを主体とするガスを噴出させ、第 2 の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させると

ともに、外側ガス噴出口より反応性ガスを主体とするガスを、第1の微小部分に活性粒子を照射するステップよりも多量に噴出させることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理方法。

【請求項5】 被処理物の近傍に配置させたマイクロプラズマ源にガスを供給しつつ、マイクロプラズマ源に設けられた電極または被処理物に電力を供給することにより、マイクロプラズマを発生させ、生成された活性粒子を被処理物に作用させ、被処理物の表面の微小部分を加工するプラズマ処理方法であって、還元性を有する活性粒子を照射するステップと、エッチング性を有する活性粒子を照射するステップとを含むことを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項6】 還元性を有する活性粒子を照射するステップにおいて、第1の微小部分に活性粒子を照射し、エッチング性を有する活性粒子を照射するステップにおいて、第1の微小部分に含まれ、かつ、第1の微小部分よりも狭い第2の微小部分に活性粒子を照射することを特徴とする請求項5記載のプラズマ処理方法。

【請求項7】 マイクロプラズマ源は、内側ガス噴出口及び外側ガス噴出口を有し、第1の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させるとともに外側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させ、かつ、内側ガス噴出口または外側ガス噴出口より噴出させるガスに還元性ガスを混合し、第2の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させるとともに外側ガス噴出口よりエッチング性ガスを主体とするガスを噴出させることを特徴とする請求項6記載のプラズマ処理方法。

【請求項8】 マイクロプラズマ源は、内側ガス噴出口及び外側ガス噴出口を有し、第1の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスと還元性ガスの混合ガスを噴出させるとともに外側ガス噴出口からはガスを噴出させず、第2の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させるとともに外側ガス噴出口よりエッチング性ガスを主体とするガスを噴出させることを特徴とする請求項6記載のプラズマ処理方法。

【請求項 9】 マイクロプラズマ源は、内側ガス噴出口及び外側ガス噴出口を有し、第 1 の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスと還元性ガスの混合ガスを噴出させるとともに外側ガス噴出口からエッチング性ガスを主体とするガスを噴出させ、第 2 の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させるとともに、外側ガス噴出口よりエッチング性ガスを主体とするガスを、第 1 の微小部分に活性粒子を照射するステップよりも多量に噴出させることを特徴とする請求項 6 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 10】 被処理物の近傍に配置させたマイクロプラズマ源にガスを供給しつつ、マイクロプラズマ源に設けられた電極または被処理物に電力を供給することにより、マイクロプラズマを発生させ、生成された活性粒子を被処理物に作用させ、被処理物の表面の微小部分を加工するプラズマ処理方法であって、マイクロプラズマ源に設けられた電極または被処理物に第 1 の電力を供給するステップと、マイクロプラズマ源に設けられた電極または被処理物に第 1 の電力よりも大きい第 2 の電力を供給するステップとを含むことを特徴とするプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、微小部分のプラズマ処理に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

一般に、表面に薄膜が形成された基板に代表される被処理物にパターンニング加工を行う場合、レジストプロセスが用いられる。その一例を図 9 に示す。図 9 において、まず、被処理物 26 の表面に感光性レジスト 27 を塗布する（図 9（a））。次に、露光機を用いて露光した後現像すると、レジスト 27 が所望の形状にパターンニングできる（図 9（b））。そして、被処理物 26 を真空容器内に載置し、真空容器内にプラズマを発生させ、レジスト 27 をマスクとして被処理物 26 をエッチング加工すると、被処理物 26 の表面が所望の形状にパターニ

ングされる（図 9（c））。最後に、レジスト 27 を酸素プラズマや有機溶剤などで除去することで、加工が完了する（図 9（d））。

【0003】

以上のようなレジストプロセスは、微細パターンを精度良く形成するのに適しているため、半導体などの電子デバイスの製造において重要な役割を果たすに至った。しかしながら、工程が複雑であるという欠点がある。

【0004】

そこで、レジストプロセスを用いない、新しい加工方法が検討されている。その一例として、図 1 乃至図 3 に従来例で用いた、マイクロプラズマ源を搭載したプラズマ処理装置の構成を示す。図 1 に、マイクロプラズマ源の分解図を示す。マイクロプラズマ源は、セラミック製の外側板 1、内側板 2 及び 3、外側板 4 から成り、外側板 1 及び 4 には、外側ガス流路 5 及び外側ガス噴出口 6 が設けられ、内側板 2 及び 3 には、内側ガス流路 7 及び内側ガス噴出口 8 が設けられている。内側ガス噴出口 8 から噴出するガスの原料ガスは、外側板 1 に設けられた内側ガス供給口 9 から、内側板 2 に設けられた貫通穴 10 を介して、内側ガス流路 7 に導かれる。

【0005】

また、外側ガス噴出口 6 から噴出するガスの原料ガスは、外側板 1 に設けられた外側ガス供給口 11 から、内側板 2 に設けられた貫通穴 12、内側板 3 に設けられた貫通穴 13 を介して、外側ガス流路 5 に導かれる。高周波電力が印加される電極 14 は、内側板 2 及び 3 に設けられた電極固定穴 15 に挿入され、外側板 1 及び 4 に設けられた貫通穴 16 を通して高周波電力供給のための配線と冷却が行われる。

【0006】

図 2 に、マイクロプラズマ源を、ガス噴出口側から見た平面図を示す。外側板 1、内側板 2 及び 3、外側板 4 が設けられ、外側板 1 と内側板 2 の間と、内側板 3 と外側板 4 の間に外側ガス噴出口 6 が設けられ、内側板 2 及び 3 の間に内側ガス噴出口 8 が設けられている。

【0007】

図3に、被処理物としての薄板17及びマイクロプラズマ源を、薄板17に垂直な面で切った断面を示す。マイクロプラズマ源は、セラミック製の外側板1、内側板2及び3、外側板4から成り、外側板1及び4には、外側ガス流路5及び外側ガス噴出口6が設けられ、内側板2及び3には、内側ガス流路7及び内側ガス噴出口8が設けられている。高周波電力が印加される電極14には、外側板1及び4に設けられた貫通穴16を通して高周波電力供給のための配線と冷却が行われる。内側板2及び3は、その最下部がテーパ形状をなし、より微細な線状領域をプラズマ処理できるようになっている。なお、マイクロプラズマ源の開口部としての内側ガス噴出口8がなす微細線の太さは0.1mmである。

【0008】

このような構成のマイクロプラズマ源を搭載したプラズマ処理装置において、内側ガス噴出口からヘリウム（He）を、外側ガス噴出口から6フッ化硫黄（SF₆）を供給しつつ、電極14に高周波電力を供給することにより、シリコン製薄板17の微小な線状部分をエッチング処理することができる。これは、ヘリウムと6フッ化硫黄の大気圧近傍の圧力下における放電のしやすさの差（ヘリウムの方が格段に放電しやすい）を利用することで、ヘリウムが高濃度となる内側ガス噴出口8の近傍にのみマイクロプラズマを発生させることができるからである。このような構成については、例えば、未公開自社出願の特許文献1に詳しく述べられている。

【0009】

【特許文献1】

特願2002-254324号明細書

【特許文献2】

特開平08-298198号公報

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来例のプラズマ処理においては、エッチング速度を高めるために高周波電力を大きくすると、被処理物としての薄板表面でアーク放電（火花）が発生し、滑らかな処理表面が得られないばかりか、処理の安定性・再現性が

得られないという問題点があった。

【0011】

本発明は、上記従来の問題点に鑑み、簡単で、かつ、所望の微小部分を精度良く加工することのできるプラズマ処理方法を提供することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本願の第1発明のプラズマ処理方法は、被処理物の近傍に配置させたマイクロプラズマ源にガスを供給しつつ、マイクロプラズマ源に設けられた電極または被処理物に電力を供給することにより、マイクロプラズマを発生させ、生成された活性粒子を被処理物に作用させ、被処理物の表面の微小部分を加工するプラズマ処理方法であって、第1の微小部分に活性粒子を照射するステップと、第1の微小部分に含まれ、かつ、第1の微小部分よりも狭い第2の微小部分に活性粒子を照射するステップとを含むことを特徴とする。

【0013】

本願の第1発明のプラズマ処理方法において、好適には、マイクロプラズマ源が、内側ガス噴出口及び外側ガス噴出口を有し、第1の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させるとともに外側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させ、第2の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させるとともに外側ガス噴出口より反応性ガスを主体とするガスを噴出させることが望ましい。

【0014】

あるいは、マイクロプラズマ源が、内側ガス噴出口及び外側ガス噴出口を有し、第1の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させるとともに外側ガス噴出口からはガスを噴出させず、第2の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させるとともに外側ガス噴出口より反応性ガスを主体とするガスを噴出させてもよい。

【0015】

また、マイクロプラズマ源が、内側ガス噴出口及び外側ガス噴出口を有し、第1の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させるとともに外側ガス噴出口から反応性ガスを主体とするガスを噴出させ、第2の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させるとともに、外側ガス噴出口より反応性ガスを主体とするガスを、第1の微小部分に活性粒子を照射するステップよりも多量に噴出させてもよい。

【0016】

本願の第2発明のプラズマ処理方法は、被処理物の近傍に配置させたマイクロプラズマ源にガスを供給しつつ、マイクロプラズマ源に設けられた電極または被処理物に電力を供給することにより、マイクロプラズマを発生させ、生成された活性粒子を被処理物に作用させ、被処理物の表面の微小部分を加工するプラズマ処理方法であって、還元性を有する活性粒子を照射するステップと、エッチング性を有する活性粒子を照射するステップとを含むことを特徴とする。

【0017】

本願の第2発明のプラズマ処理方法において、好適には、還元性を有する活性粒子を照射するステップにおいて、第1の微小部分に活性粒子を照射し、エッチング性を有する活性粒子を照射するステップにおいて、第1の微小部分に含まれ、かつ、第1の微小部分よりも狭い第2の微小部分に活性粒子を照射することが望ましい。

【0018】

この場合、さらに好適には、マイクロプラズマ源が、内側ガス噴出口及び外側ガス噴出口を有し、第1の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させるとともに外側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させ、かつ、内側ガス噴出口または外側ガス噴出口より噴出させるガスに還元性ガスを混合し、第2の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させるとともに外側ガス噴出口よりエッチング性ガスを主体とするガスを噴出させることが望ましい。

【0019】

あるいは、マイクロプラズマ源が、内側ガス噴出口及び外側ガス噴出口を有し、第1の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスと還元性ガスの混合ガスを噴出させるとともに外側ガス噴出口からはガスを噴出させず、第2の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させるとともに外側ガス噴出口よりエッチング性ガスを主体とするガスを噴出させてもよい。

【0020】

また、マイクロプラズマ源が、内側ガス噴出口及び外側ガス噴出口を有し、第1の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスと還元性ガスの混合ガスを噴出させるとともに外側ガス噴出口からエッチング性ガスを主体とするガスを噴出させ、第2の微小部分に活性粒子を照射するステップにおいて、内側ガス噴出口より不活性ガスを主体とするガスを噴出させるとともに、外側ガス噴出口よりエッチング性ガスを主体とするガスを、第1の微小部分に活性粒子を照射するステップよりも多量に噴出させてもよい。

【0021】

本願の第3発明のプラズマ処理方法は、被処理物の近傍に配置させたマイクロプラズマ源にガスを供給しつつ、マイクロプラズマ源に設けられた電極または被処理物に電力を供給することにより、マイクロプラズマを発生させ、生成された活性粒子を被処理物に作用させ、被処理物の表面の微小部分を加工するプラズマ処理方法であって、マイクロプラズマ源に設けられた電極または被処理物に第1の電力を供給するステップと、マイクロプラズマ源に設けられた電極または被処理物に第1の電力よりも大きい第2の電力を供給するステップとを含むことを特徴とする。

【0022】**【発明の実施の形態】****(第1実施形態)**

以下、本発明の第1実施形態について、図1乃至図5を参照して説明する。なお、図1乃至図3に示すマイクロプラズマ源の基本的な構成及び動作については

従来例で説明したので、ここでは詳細は省略する。

【0023】

マイクロプラズマ源は数Paから数気圧まで動作可能であるが、典型的には1000Paから3気圧程度の範囲の圧力で動作する。とくに、大気圧付近での動作は、厳重な密閉構造や特別な排気装置が不要であるとともに、プラズマや活性粒子の拡散が適度に抑制されるため、特に好ましい。

【0024】

まず、第1ステップとして、内側ガス流路7を介して内側ガス噴出口8から不活性ガスとしてのHeを1000sccm、外側ガス流路5を介して外側ガス噴出口6から不活性ガスとしてのHeを500sccm供給し、高周波電力を150W供給して、図4に示すようにマイクロプラズマ18を発生させ、生成された活性粒子としてのヘリウムイオンを図4に示すような第1の微小部分19に5秒間照射した。

【0025】

次いで、プラズマを維持したままで、第2ステップとして、内側ガス流路7を介して内側ガス噴出口8から不活性ガスとしてのHeを1000sccm、外側ガス流路5を介して外側ガス噴出口6から反応性ガスとしてのSF₆を500sccm供給し、高周波電力を150W供給して、図5に示すようにマイクロプラズマ18を形成し、生成された活性粒子としてのフッ素ラジカルを図5に示すような第2の微小部分20に30秒間照射した。図4及び図5から明らかなように、第2の微小部分20は、第1の微小部分19よりも狭い領域であり、その線幅は0.3mmである。

【0026】

以上のような処理を行った結果、被処理物としてのシリコン薄板17の表面の微小部分に対して、線幅0.3mmの微細線状エッチング加工が可能となった。エッチング深さは21μmであった。

【0027】

比較のため、従来の処理方法として、上記の第1ステップを行わずに、内側ガス流路7を介して内側ガス噴出口8からHeを1000sccm、外側ガス流路

5を介して外側ガス噴出口6からSF₆を500 s c c m供給し、高周波電力を150 W供給したところ、被処理物としての薄板17表面でアーク放電（火花）が発生し、滑らかな処理表面が得られないばかりか、処理の安定性・再現性が得られなかった。

【0028】

このような違いが生じた理由について、以下で詳しく説明する。シリコン薄板17の表面には、ごく薄い（厚さ1 nm以下）シリコン酸化膜（自然酸化膜）が形成されている。シリコンに限らず、一般に金属の表面には自然酸化膜が形成されている。自然酸化膜は、完全に一様には形成されてはいないため、電流が流れやすい部分と流れにくい部分が混在していると考えられる。

【0029】

従来の処理方法において、マイクロプラズマを微小部分（本発明による第2の微小部分20と同程度の大きさの領域）に照射すると、プラズマからの高周波電流が、電流の流れやすい部分に集中するため、その部分の温度が局所的に急激に上昇し、アーク放電（火花）に至ったものと考えられる。

【0030】

一方、本発明による処理方法においては、第1のステップにおいて比較的広い第1の微小部分19にプラズマを照射することにより、低い電流密度のプラズマ照射で薄板17の表面の自然酸化膜を除去する。次いで、プラズマを維持したままで、第2のステップへ移行させる。第2のステップにおいては第1のステップよりも全体として高い電流密度のプラズマ照射を行っているにもかかわらず、自然酸化膜が無くなったために電流の流れやすい部分と流れにくい部分の差が小さく、第2の微小部分に対してほぼ一様に電流が流れるため、局所的な温度上昇は生じず、アーク放電（火花）の発生に至らなかったものと考えられる。

【0031】

上記のメカニズムをさらに裏付けるため、第1のステップ終了後に一旦電力の供給を停止してプラズマを消滅させ、一定時間の後に第2のステップを行い、第2のステップにおいてアーク放電が発生するか否かを調べた。停止時間が1秒乃至6秒ではアーク放電は発生せず、7秒以上プラズマを停止させた場合に、アー

ク放電の発生が確認できた。

【0032】

このことは、自然酸化膜が第1ステップにおいて一旦除去されるものの、7秒以上の放置によって再びシリコン薄板17上に自然酸化膜が形成されてしまうことを意味しているものと考えられる。この実験から、アーク放電の発生を防ぐには、第1ステップと第2ステップの間でプラズマを消滅させないことが望ましく、一旦消滅させる場合は6秒以下の短い時間に限定すべきであることがわかる。

【0033】

第2の微小部分の面積は、第1の微小部分の面積の概ね $1/1000$ 乃至 $1/5$ であることが望ましい。 $1/1000$ 乃至 $1/10$ であることが更に好ましい。第2の微小部分の面積が第1の微小部分の面積に比べてあまりに小さいと、第1ステップにおける電力の大部分が無駄となるため、好ましくない。また、第2の微小部分の面積が第1の微小部分の面積に比べてわずかに小さいだけでは、アーク放電の発生が十分に抑制できない。

【0034】

(第2実施形態)

次に、本発明の第2実施形態について、図1乃至図3、図5及び図6を参照して説明する。なお、図1乃至図3に示すマイクロプラズマ源の基本的な構成及び動作については既に説明したので、ここでは詳細は省略する。

【0035】

まず、第1ステップとして、内側ガス流路7を介して内側ガス噴出口8から不活性ガスとしてのHeを 1000 sccm 供給し、外側ガス噴出口6からはガスを噴出させず、高周波電力を 150 W 供給して、図6に示すようにマイクロプラズマ18を発生させ、生成された活性粒子としてのヘリウムイオンを図6に示すような第1の微小部分19に5秒間照射した。

【0036】

次いで、プラズマを維持したままで、第2ステップとして、内側ガス流路7を介して内側ガス噴出口8から不活性ガスとしてのHeを 1000 sccm 、外側ガス流路5を介して外側ガス噴出口6から反応性ガスとしての SF_6 を 500 s

c c m供給し、高周波電力を150W供給して、図5に示すようにマイクロプラズマ18を形成し、生成された活性粒子としてのフッ素ラジカルを図5に示すような第2の微小部分20に30秒間照射した。図5及び図6から明らかなように、第2の微小部分20は、第1の微小部分19よりも狭い領域であり、その線幅は0.3mmである。

【0037】

以上のような処理を行った結果、被処理物としてのシリコン薄板17の表面の微小部分に対して、線幅0.3mmの微細線状エッチング加工が可能となった。エッチング深さは21 μ mであった。アーク放電（火花）が発生しなかった理由については、本発明の第1実施形態に述べたとおりであると考えている。

【0038】

第2の微小部分の面積は、第1の微小部分の面積の概ね1/1000乃至1/5であることが望ましい。1/1000乃至1/10であることがさらに好ましい。第2の微小部分の面積が第1の微小部分の面積に比べてあまりに小さいと、第1ステップにおける電力の大部分が無駄となるため、好ましくない。また、第2の微小部分の面積が第1の微小部分の面積に比べてわずかに小さいだけでは、アーク放電の発生が十分に抑制できない。

【0039】

（第3実施形態）

次に、本発明の第3実施形態について、図1乃至図3、図5及び図7を参照して説明する。なお、図1乃至図3に示すマイクロプラズマ源の基本的な構成及び動作については既に説明したので、ここでは詳細は省略する。

【0040】

まず、第1ステップとして、内側ガス流路7を介して内側ガス噴出口8から不活性ガスとしてのHeを1000s c c m供給し、外側ガス噴出口6から反応性ガスとしてのSF₆を50s c c m供給し、高周波電力を150W供給して、図7に示すようにマイクロプラズマ18を発生させ、生成された活性粒子としてのヘリウムイオンを図7に示すような第1の微小部分19に5秒間照射した。

【0041】

次いで、プラズマを維持したままで、第2ステップとして、内側ガス流路7を介して内側ガス噴出口8から不活性ガスとしてのHeを1000 sccm、外側ガス流路5を介して外側ガス噴出口6から反応性ガスとしてのSF₆を500 sccm供給し、高周波電力を150W供給して、図5に示すようにマイクロプラズマ18を形成し、生成された活性粒子としてのフッ素ラジカルを図5に示すような第2の微小部分20に30秒間照射した。図5及び図7から明らかなように、第2の微小部分20は、第1の微小部分19よりも狭い領域であり、その線幅は0.3mmである。

【0042】

以上のような処理を行った結果、被処理物としてのシリコン薄板17の表面の微小部分に対して、線幅0.3mmの微細線状エッチング加工が可能となった。エッチング深さは21μmであった。アーク放電（火花）が発生しなかった理由については、本発明の第1実施形態に述べたとおりであると考えている。

【0043】

本実施形態においては、第1ステップにおいて、外側ガス噴出口より噴出させる反応性ガスを、第2ステップよりもごく少量としたことで、第1ステップにおけるマイクロプラズマの発生領域を広くしている。第1ステップにおいて外側ガス噴出口より噴出させる反応性ガスを、第2ステップにおいて外側ガス噴出口より噴出させる反応性ガスの1/100乃至1/5とすることが好ましく、1/100乃至1/10とすることが更に好ましい。第1ステップにおいて、外側ガス噴出口より噴出させる反応性ガスを、第2ステップよりも極端に少なくすると、同一のガス流量調整装置を利用してガス流量を制御することが困難になってしまう。また、第1ステップにおいて、外側ガス噴出口より噴出させる反応性ガスを、第2ステップよりもわずかだけ少なくした場合は、第1ステップにおけるプラズマの拡がり が不十分となり、アーク放電が発生してしまう恐れがある。

【0044】

第2の微小部分の面積は、第1の微小部分の面積の概ね1/1000乃至1/5であることが望ましい。1/1000乃至1/10であることがさらに好ましい。第2の微小部分の面積が第1の微小部分の面積に比べてあまりに小さいと、

第1ステップにおける電力の大部分が無駄となるため、好ましくない。また、第2の微小部分の面積が第1の微小部分の面積に比べてわずかに小さいだけでは、アーク放電の発生が十分に抑制できない。

【0045】

(第4実施形態)

次に、本発明の第4実施形態について、図1乃至図3を参照して説明する。なお、図1乃至図3に示すマイクロプラズマ源の基本的な構成及び動作については従来例で説明したので、ここでは詳細は省略する。

【0046】

まず、第1ステップとして、内側ガス流路7を介して内側ガス噴出口8から不活性ガスとしてのHeを1000 sccm、還元性ガスとしての水素(H₂)を1 sccm供給し、外側ガス流路5を介して外側ガス噴出口6から不活性ガスとしてのHeを500 sccm供給し、高周波電力を150W供給してマイクロプラズマを発生させ、生成された活性粒子としてのヘリウムイオン及び水素ラジカルを第1の微小部分に2秒間照射した。

【0047】

次いで、プラズマを維持したままで、第2ステップとして、内側ガス流路7を介して内側ガス噴出口8から不活性ガスとしてのHeを1000 sccm、外側ガス流路5を介して外側ガス噴出口6からエッチング性ガスとしてのSF₆を500 sccm供給し、高周波電力を150W供給して、マイクロプラズマを形成し、生成された活性粒子としてのフッ素ラジカルを第2の微小部分20に30秒間照射した。第2の微小部分20は、第1の微小部分19よりも狭い領域であり、その線幅は0.3 mmである。

【0048】

以上のような処理を行った結果、被処理物としてのシリコン薄板17の表面の微小部分に対して、線幅0.3 mmの微細線状エッチング加工が可能となった。エッチング深さは21 μmであった。アーク放電(火花)が発生しなかった理由については、本発明の第1実施形態に述べたとおりであると考えている。

【0049】

本実施形態においては、第1ステップにおいて還元性ガスを利用して自然酸化膜の除去をより速やかに行えるようにしている。なお、還元性ガスは、外側ガス流路から供給されるHeに混合してもよい。

【0050】

第2の微小部分の面積は、第1の微小部分の面積の概ね1/1000乃至1/5であることが望ましい。1/1000乃至1/10であることがさらに好ましい。第2の微小部分の面積が第1の微小部分の面積に比べてあまりに小さいと、第1ステップにおける電力の大部分が無駄となるため、好ましくない。また、第2の微小部分の面積が第1の微小部分の面積に比べてわずかに小さいだけでは、アーク放電の発生が十分に抑制できない。

【0051】

(第5実施形態)

次に、本発明の第5実施形態について、図1乃至図3を参照して説明する。なお、図1乃至図3に示すマイクロプラズマ源の基本的な構成及び動作については従来例で説明したので、ここでは詳細は省略する。

【0052】

まず、第1ステップとして、内側ガス流路7を介して内側ガス噴出口8から不活性ガスとしてのHeを1000sccm、還元性ガスとしての水素(H₂)を1sccm供給し、外側ガス流路5からはガスを噴出させず、高周波電力を150W供給してマイクロプラズマを発生させ、生成された活性粒子としてのヘリウムイオン及び水素ラジカルを第1の微小部分に2秒間照射した。

【0053】

次いで、プラズマを維持したままで、第2ステップとして、内側ガス流路7を介して内側ガス噴出口8から不活性ガスとしてのHeを1000sccm、外側ガス流路5を介して外側ガス噴出口6からエッチング性ガスとしてのSF₆を500sccm供給し、高周波電力を150W供給して、マイクロプラズマを形成し、生成された活性粒子としてのフッ素ラジカルを第2の微小部分20に30秒間照射した。第2の微小部分20は、第1の微小部分19よりも狭い領域であり、その線幅は0.3mmである。

【0054】

以上のような処理を行った結果、被処理物としてのシリコン薄板17の表面の微小部分に対して、線幅0.3mmの微細線状エッチング加工が可能となった。エッチング深さは21 μ mであった。アーク放電（火花）が発生しなかった理由については、本発明の第1実施形態に述べたとおりであると考えている。本実施形態においては、第1ステップにおいて還元性ガスを利用して自然酸化膜の除去をより速やかに行えるようにしている。

【0055】

第2の微小部分の面積は、第1の微小部分の面積の概ね1/1000乃至1/5であることが望ましい。1/1000乃至1/10であることがさらに好ましい。第2の微小部分の面積が第1の微小部分の面積に比べてあまりに小さいと、第1ステップにおける電力の大部分が無駄となるため、好ましくない。また、第2の微小部分の面積が第1の微小部分の面積に比べてわずかに小さいだけでは、アーク放電の発生が十分に抑制できない。

【0056】

（第6実施形態）

次に、本発明の第6実施形態について、図1乃至図3を参照して説明する。なお、図1乃至図3に示すマイクロプラズマ源の基本的な構成及び動作については従来例で説明したので、ここでは詳細は省略する。

【0057】

まず、第1ステップとして、内側ガス流路7を介して内側ガス噴出口8から不活性ガスとしてのHeを1000sccm、還元性ガスとしての水素（H₂）を1sccm供給し、外側ガス流路5からエッチング性ガスとしてのSF₆を50sccm供給し、高周波電力を150W供給してマイクロプラズマを発生させ、生成された活性粒子としてのヘリウムイオン及び水素ラジカルを第1の微小部分に2秒間照射した。

【0058】

次いで、プラズマを維持したままで、第2ステップとして、内側ガス流路7を介して内側ガス噴出口8から不活性ガスとしてのHeを1000sccm、外側

ガス流路 5 を介して外側ガス噴出口 6 からエッチング性ガスとしての SF_6 を 500 sccm 供給し、高周波電力を 150 W 供給して、マイクロプラズマを形成し、生成された活性粒子としてのフッ素ラジカルを第 2 の微小部分 20 に 30 秒間照射した。第 2 の微小部分 20 は、第 1 の微小部分 19 よりも狭い領域であり、その線幅は 0.3 mm である。

【0059】

以上のような処理を行った結果、被処理物としてのシリコン薄板 17 の表面の微小部分に対して、線幅 0.3 mm の微細線状エッチング加工が可能となった。エッチング深さは $21\ \mu\text{m}$ であった。アーク放電（火花）が発生しなかった理由については、本発明の第 1 実施形態に述べたとおりであると考えている。本実施形態においては、第 1 ステップにおいて還元性ガスを利用して自然酸化膜の除去をより速やかに行えるようにしている。

【0060】

また、本実施形態においては、第 1 ステップにおいて、外側ガス噴出口より噴出させるエッチング性ガスを、第 2 ステップよりもごく少量としたことで、第 1 ステップにおけるマイクロプラズマの発生領域を広くしている。第 1 ステップにおいて外側ガス噴出口より噴出させるエッチング性ガスを、第 2 ステップにおいて外側ガス噴出口より噴出させるエッチング性ガスの $1/100$ 乃至 $1/5$ とすることが好ましく、 $1/100$ 乃至 $1/10$ とすることが更に好ましい。第 1 ステップにおいて、外側ガス噴出口より噴出させるエッチング性ガスを、第 2 ステップよりも極端に少なくすると、同一のガス流量調整装置を利用してガス流量を制御することが困難になってしまう。

【0061】

また、第 1 ステップにおいて、外側ガス噴出口より噴出させるエッチング性ガスを、第 2 ステップよりもわずかなだけ少なくした場合は、第 1 ステップにおけるプラズマの拡がりが不十分となり、アーク放電が発生してしまう恐れがある。

【0062】

第 2 の微小部分の面積は、第 1 の微小部分の面積の概ね $1/1000$ 乃至 $1/5$ であることが望ましい。 $1/1000$ 乃至 $1/10$ であることがさらに好まし

い。第2の微小部分の面積が第1の微小部分の面積に比べてあまりに小さいと、第1ステップにおける電力の大部分が無駄となるため、好ましくない。また、第2の微小部分の面積が第1の微小部分の面積に比べてわずかに小さいだけでは、アーク放電の発生が十分に抑制できない。

【0063】

(第7実施形態)

次に、本発明の第7実施形態について、図1乃至図3を参照して説明する。なお、図1乃至図3に示すマイクロプラズマ源の基本的な構成及び動作については従来例で説明したので、ここでは詳細は省略する。

【0064】

まず、第1ステップとして、内側ガス流路7を介して内側ガス噴出口8から不活性ガスとしてのHeを1000 sccm、外側ガス流路5を介して外側ガス噴出口6から反応性ガスとしてのSF₆を500 sccm供給し、高周波電力を60 W供給してマイクロプラズマを発生させ、生成された活性粒子としてのフッ素ラジカルを微小部分に3秒間照射した。

【0065】

次いで、プラズマを維持したままで、第2ステップとして、内側ガス流路7を介して内側ガス噴出口8から不活性ガスとしてのHeを1000 sccm、外側ガス流路5を介して外側ガス噴出口6から反応性ガスとしてのSF₆を500 sccm供給し、高周波電力を150 W供給してマイクロプラズマを形成し、生成された活性粒子としてのフッ素ラジカルを微小部分に30秒間照射した。ここで、微小部分の線幅は0.3 mmである。

【0066】

以上のような処理を行った結果、被処理物としてのシリコン薄板17の表面の微小部分に対して、線幅0.3 mmの微細線状エッチング加工が可能となった。エッチング深さは24 μmであった。アーク放電（火花）が起きなかった理由については、第1のステップにおいてアーク放電が生じない程度の小さい電力で発生させたプラズマで、まずシリコン薄板表面の自然酸化膜を除去したためであると考えている。

【0067】

すなわち、本実施形態においては、電極に第1の電力を供給するステップと、電極に第1の電力よりも大きい第2の電力を供給するステップとに分けて処理を行ったことが奏功したものと思われる。

【0068】

以上述べた本発明の実施形態において、マイクロプラズマ源としてセラミック製の板を4枚用いた場合を例示したが、平行平板型キャピラリタイプや誘導結合型キャピラリタイプなどのキャピラリタイプや、マイクロギャップ方式、誘導結合型チューブタイプなど、様々なマイクロプラズマ源を用いることができる。特に、図8に示すような、ナイフエッジ状の電極25を用いるタイプでは、電極と被処理物の距離が近いため、微小部分に極めて高密度のプラズマが形成される。したがって、とくに本発明が有効である。

【0069】

なお、図8において、マイクロプラズマ源は、セラミック製の外側板21、内側板22及び23、外側板24、電極25から成り、外側板21及び24には、外側ガス流路5及び外側ガス噴出口6が設けられ、内側板22及び23には、内側ガス流路7及び内側ガス噴出口8が設けられている。電極25は、その最下部がナイフエッジ状の形状を成し、微細な線状領域をプラズマ処理できるようになっている。

【0070】

また、被処理物に直流電圧または高周波電力を供給することにより、マイクロプラズマ中のイオンを引き込む作用を強めることも可能である。この場合、電極を接地してもよいし、電極を用いないタイプのマイクロプラズマ源を利用する場合にも、本発明の適用が可能である。

【0071】

また、高周波電力を用いてマイクロプラズマを発生させる場合を例示したが、数百kHzから数GHzまでの高周波電力を用いてマイクロプラズマを発生させることが可能である。あるいは、直流電力を用いてもよいし、パルス電力を供給することも可能である。

【0072】

また、マイクロプラズマ源の開口部をなす微細線の太さが0.1mmである場合を例示したが、マイクロプラズマ源の開口部の幅はこれに限定されるものではなく、概ね1mm以下であることが好ましい。マイクロプラズマ源の開口部の幅が小さいほど、プラズマによって発生した活性粒子が、基板表面の微細線状部分より外側に触れにくくなり、微細線状部分に限定された領域のみを加工することができるという利点がある。一方、マイクロプラズマ源を構成する部品の加工の精度や、繰り返し処理による形状の経時変化などを考慮すると、あまり極端に小さくすることも避けるべきである。

【0073】

また、マイクロプラズマ源の開口部と被処理物との距離は、概ね1mm以下であることが好ましい。さらに、マイクロプラズマ源の開口部と被処理物との距離が0.5mm以下であることがより好ましい。マイクロプラズマ源の開口部と被処理物との距離が小さいほど、プラズマによって発生した活性粒子が、基板表面の微細線状部分より外側に触れにくくなり、微細線状部分に限定された領域のみを加工することができるという利点がある。一方、マイクロプラズマ源を構成する部品の加工の精度や、繰り返し処理による形状の経時変化、さらには、マイクロプラズマ源の開口部と被処理物との距離の再現性や安定性などを考慮すると、あまり極端に小さくすることも避けるべきであり、概ね0.05mm以上であることが好ましい。

【0074】

また、マイクロプラズマ源の開口部が微細線状をなしている場合を例示したが、マイクロプラズマ源の開口部が微細点状をなしていてもよい。この場合、マイクロプラズマ源の開口部の代表寸法が1mm以下である場合に、本発明はとくに有効である。

【0075】

また、被処理物としてシリコン薄板を用いる場合を例示したが、被処理物はこれに限定されるものではなく、導電性を有する被処理物、とくに金属を処理する場合に、本発明は格別の効果を奏する。

【0076】

また、第1ステップを実施する時間を2乃至5秒とする場合を例示したが、第1ステップを実施する時間は、被処理物の材料に応じて適宜決めればよい。しかし、あまりに長い時間第1ステップを実施すると、被処理物全体の温度上昇から、被処理物の変質・変形等の好ましくない事態を生じる場合があるため、概ね1乃至10秒程度にとどめるべきである。

【0077】

また、不活性ガスとしてHeを、反応性ガス・エッチング性ガスとしてSF₆を、還元性ガスとしてH₂を用いる場合を例示したが、これら以外のガスを適宜用いることができることはいうまでもない。例えば、不活性ガスとして、He、Ne、Ar、Kr、Xeなどを、反応性・エッチング性ガスとしてSF₆、CF₄などのC_xF_y（x及びyは自然数）、NF₃、Cl₂、HBr等のハロゲン含有ガスを、還元性ガスとしてH₂、H₂O等の水素含有ガスを用いることができる。

【0078】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本願の第1発明のプラズマ処理方法によれば、被処理物の近傍に配置させたマイクロプラズマ源にガスを供給しつつ、マイクロプラズマ源に設けられた電極または被処理物に電力を供給することにより、マイクロプラズマを発生させ、生成された活性粒子を被処理物に作用させ、被処理物の表面の微小部分を加工するプラズマ処理方法であって、第1の微小部分に活性粒子を照射するステップと、第1の微小部分に含まれ、かつ、第1の微小部分よりも狭い第2の微小部分に活性粒子を照射するステップとを含むため、簡単で、かつ、所望の微小部分を精度良く加工することのできるプラズマ処理方法を提供することができる。

【0079】

また、本願の第2発明のプラズマ処理方法によれば、被処理物の近傍に配置させたマイクロプラズマ源にガスを供給しつつ、マイクロプラズマ源に設けられた電極または被処理物に電力を供給することにより、マイクロプラズマを発生させ、生成された活性粒子を被処理物に作用させ、被処理物の表面の微小部分を加工

するプラズマ処理方法であって、還元性を有する活性粒子を照射するステップと、エッチング性を有する活性粒子を照射するステップとを含むため、簡単で、かつ、所望の微小部分を精度良く加工することのできるプラズマ処理方法を提供することができる。

【0080】

また、本願の第3発明のプラズマ処理方法によれば、被処理物の近傍に配置させたマイクロプラズマ源にガスを供給しつつ、マイクロプラズマ源に設けられた電極または被処理物に電力を供給することにより、マイクロプラズマを発生させ、生成された活性粒子を被処理物に作用させ、被処理物の表面の微小部分を加工するプラズマ処理方法であって、マイクロプラズマ源に設けられた電極または被処理物に第1の電力を供給するステップと、マイクロプラズマ源に設けられた電極または被処理物に第1の電力よりも大きい第2の電力を供給するステップとを含むため、簡単で、かつ、所望の微小部分を精度良く加工することのできるプラズマ処理方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施形態及び従来例で用いたマイクロプラズマ源の分解図

【図2】

本発明の実施形態及び従来例で用いたマイクロプラズマ源の平面図

【図3】

本発明の実施形態及び従来例で用いたマイクロプラズマ源の断面図

【図4】

本発明の第1実施形態で用いたマイクロプラズマ源の断面図

【図5】

本発明の実施形態で用いたマイクロプラズマ源の断面図

【図6】

本発明の第2実施形態で用いたマイクロプラズマ源の断面図

【図7】

本発明の第3実施形態で用いたマイクロプラズマ源の断面図

【図 8】

本発明の他の実施形態で用いたマイクロプラズマ源の断面図

【図 9】

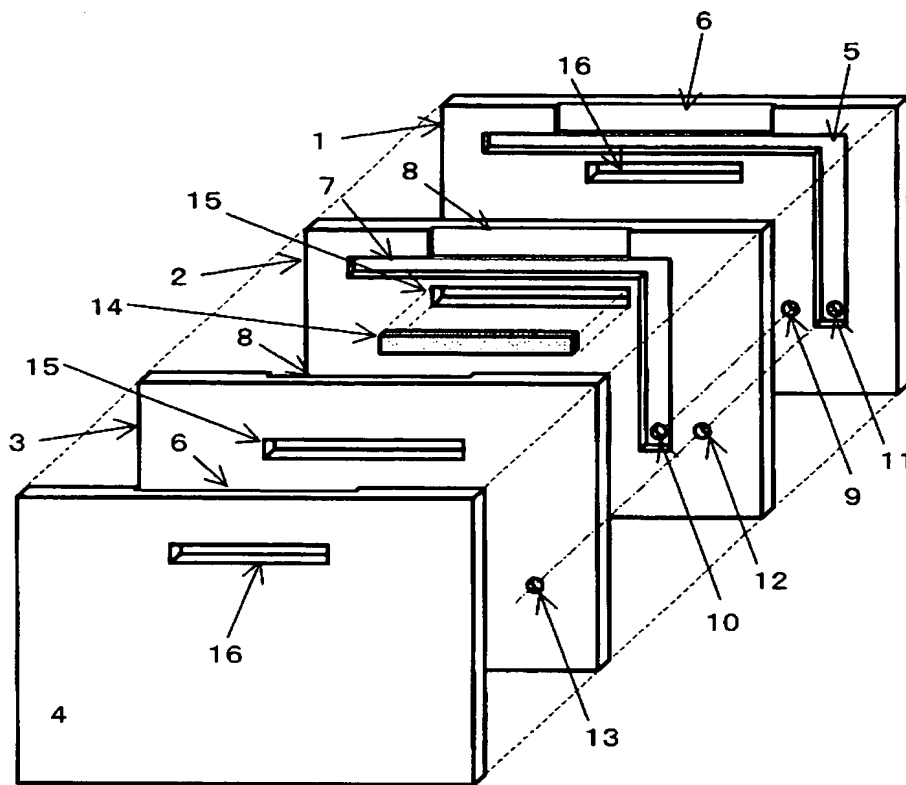
従来例で用いたレジストプロセスの工程を示す断面図

【符号の説明】

- 1 外側板
- 2 内側板
- 3 内側板
- 4 外側板
- 5 外側ガス流路
- 6 外側ガス噴出口
- 7 内側ガス流路
- 8 内側ガス噴出口
- 9 内側ガス供給口
- 10 貫通穴
- 11 外側ガス供給口 11
- 12 貫通穴
- 13 貫通穴
- 14 電極
- 15 電極固定穴
- 16 貫通穴

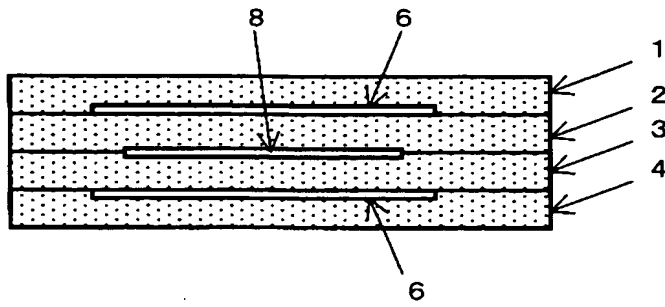
【書類名】 図面

【図 1】

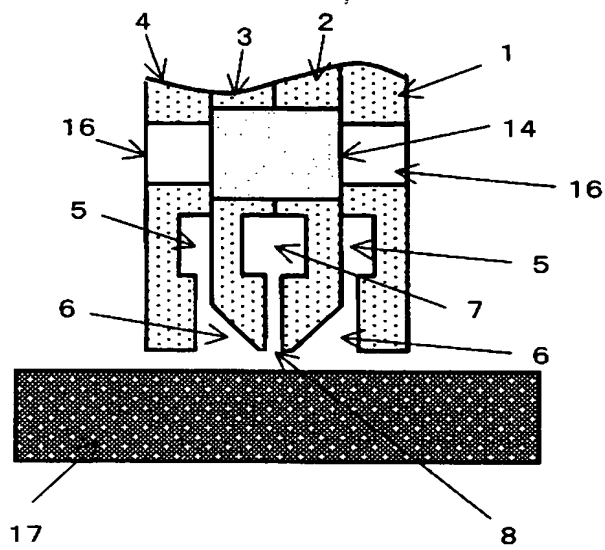


- | | |
|-----------------|----------------------|
| 1 . . . 外側板 | 9 . . . 内側ガス供給口 |
| 2 . . . 内側板 | 10 . . . 貫通穴 |
| 3 . . . 内側板 | 11 . . . 外側ガス供給口 1 1 |
| 4 . . . 外側板 | 12 . . . 貫通穴 |
| 5 . . . 外側ガス流路 | 13 . . . 貫通穴 |
| 6 . . . 外側ガス噴出口 | 14 . . . 電極 |
| 7 . . . 内側ガス流路 | 15 . . . 電極固定穴 |
| 8 . . . 内側ガス噴出口 | 16 . . . 貫通穴 |

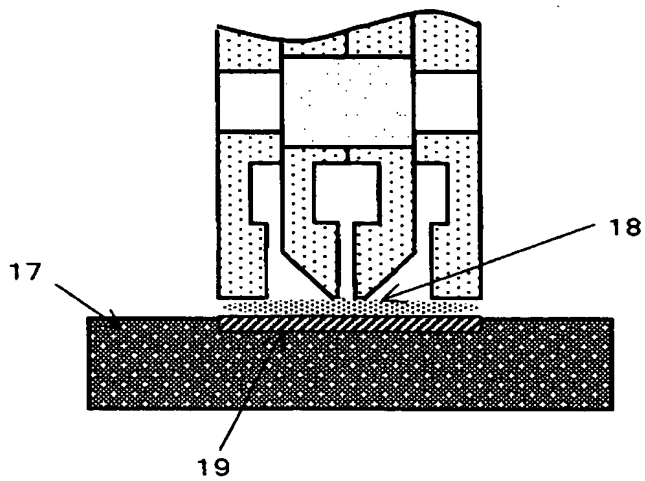
【図 2】



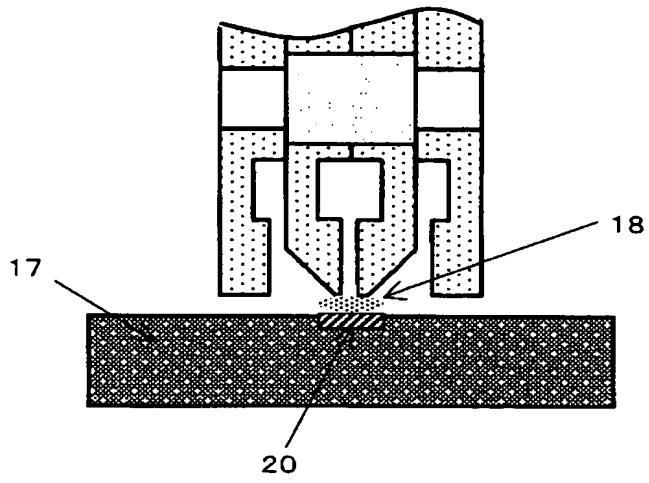
【図 3】



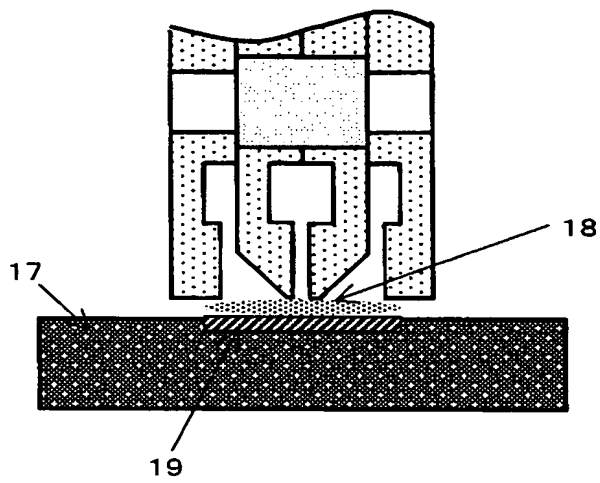
【図 4】



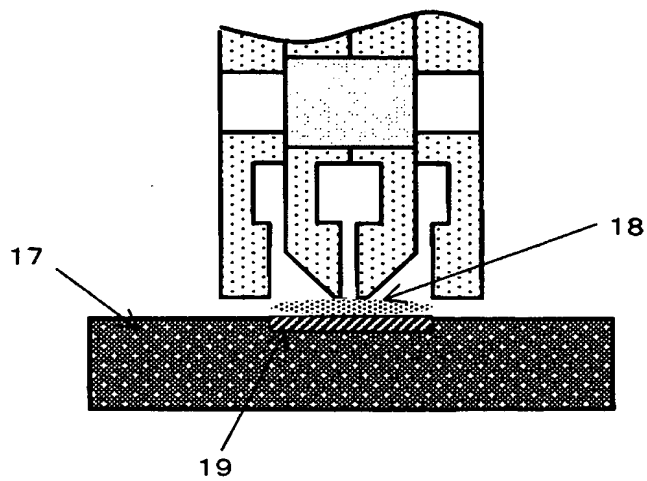
【図 5】



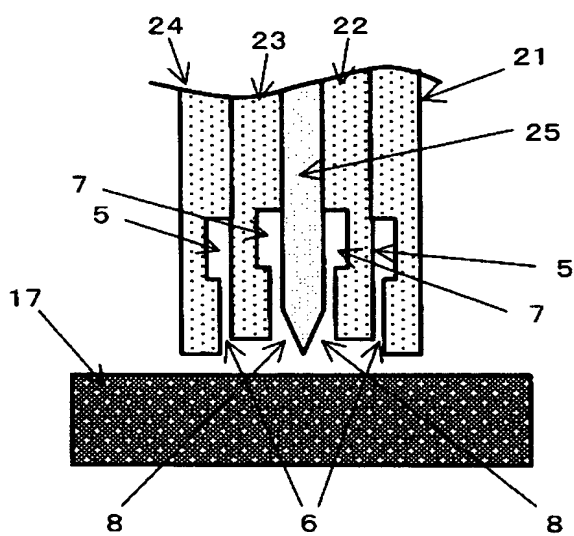
【図 6】



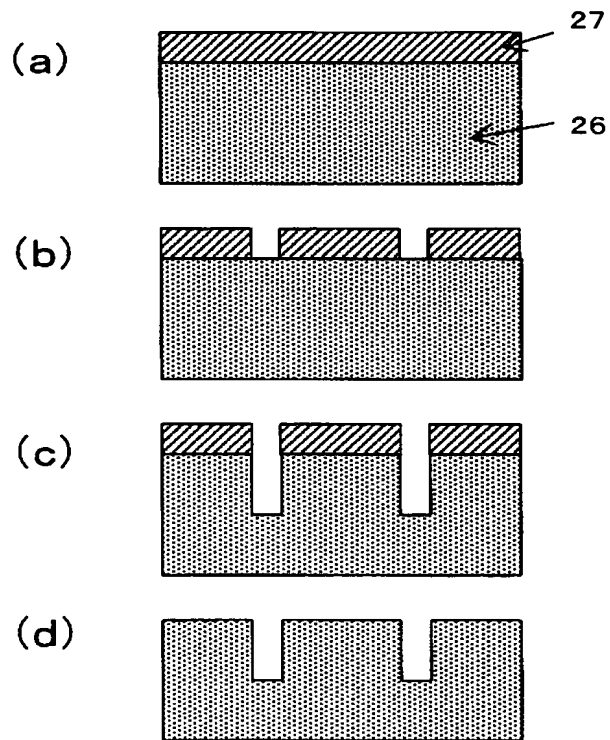
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 簡単で、かつ、所望の微小部分を精度良く加工することが可能なプラズマ処理方法を提供すること。

【解決手段】 マイクロプラズマ源は、セラミック製の外側板 1、内側板 2 及び 3、外側板 4 から成り、外側板 1 及び 4 には、外側ガス流路 5 及び外側ガス噴出口 6 が設けられ、内側板 2 及び 3 には、内側ガス流路 7 及び内側ガス噴出口 8 が設けられている。高周波電力が印加される電極 1 4 には、外側板 1 及び 4 に設けられた貫通穴 1 6 を通して高周波電力供給が行われる。第 1 のステップで第 1 の微小部分を処理した後、第 2 のステップで、第 1 の微小部分より狭い第 2 の微小部分の処理を行うことにより、アーク放電の発生を防止する。

【選択図】 図 3

特願 2 0 0 2 - 3 4 2 0 0 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社